NOTICE

SUR LES

TITRES SCIENTIFIQUES

DE

M. A. LEDIEU,

Ancien officier de vaisseau, Examinateur d'Hydrographie,

Correspondant de l'Institut

(Académie des Sciences, Section de Géographie et de Navigation).

31



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

—

1879

SOMMAIRE

DES

RENSEIGNEMENTS RENFERMÉS

DANS LA

NOTICE SUR LES TITRES SCIENTIFIQUES

DE

M. A. LEDIEU.

Pages.

NOTICE

SUR LES

TITRES SCIENTIFIQUES

DE

M. A. LEDIEU,

Ancien officier de vaisseau, Examinateur d'Hydrographie,

Correspondant de l'Institut

(Académie des Sciences, Section de Géographie et de Navigation).

Né à Abbeville (Somme) le 2 mars 1830.

I. — ÉTAT DE SERVICES.

Entré à l'École Navale en 1844.

Sorti à la tête de sa promotion en 1846.

Aspirant de Marine de 2e et 1re classe de 1846 à 1850.

Enseigne de vaisseau en 1850.

Professeur d'Hydrographie de 4e classe, après concours, en 1853.

Professeur de 3e classe en 1857.

Chevalier de la Légion d'honneur en 1862, après la publication du premier volume du *Traité des appareils à vapeur de navigation.*

Mis *hors cadre* et nommé Membre de la Commission permanente d'examen des mécaniciens de la flotte, en 1863.

Professeur de 2e classe, *hors cadre*, en 1864.

Professeur de 1re classe, *hors cadre*, en 1866, à l'occasion de l'achèvement du *Traité des appareils à vapeur de navigation.*

Chargé des examens d'admission à l'École navale en 1866.

Officier de l'Instruction publique en 1867.

Attache, pendant la guerre, à l'état-major de l'Amiral commandant le secteur de Vaugirard.

Membre du Conseil de perfectionnement de l'École navale et de l'École navigante d'application, en 1872.

Examinateur d'Hydrographie, *hors cadre*, en 1873, *avec résidence à Paris*, place créée comme récompense des services exceptionnels rendus à l'enseignement et aux sciences nautiques.

Membre de la Commission des prix décernés annuellement aux meilleurs articles de la *Revue maritime*, en 1873.

Chargé des examens de classement et de sortie de l'École navale depuis 1876.

Officier de la Légion d'honneur en 1878.

II. — RÉCOMPENSES ACCORDÉES PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Nomination de Correspondant dans la Section de Géographie et Navigation, en 1872.

Prix extraordinaire d'application de la vapeur à la flotte en 1877; ce prix n'avait pas été décerné depuis 1854.

III. — LISTE CHRONOLOGIQUE DES OUVRAGES PUBLIÉS ([1]).

1862 A 1866.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DES APPAREILS A VAPEUR DE NAVIGATION, à l'usage des constructeurs, des officiers de vaisseau, des élèves de l'École navale et des candidats aux divers grades de maîtres mécaniciens. Trois volumes grand in-8° raisin, enrichis de 450 gravures intercalées dans le texte, avec ATLAS, contenant 28 belles Planches sur cuivre et 17 grands Tableaux de dimensions.

NOTA IMPORTANT. — Ce *Traité* forme trois Parties distinctes :

La première concerne l'*ensemble des appareils à vapeur de navigation;*

La deuxième Partie donne *les détails de construction des machines, les propulseurs et les chaudières, la conduite, l'entretien et la réparation des appareils;*

Enfin, la troisième Partie contient *le montage complet des machines et leur vérification, la régulation des tiroirs et celle de toutes les espèces de détentes, les instruments d'épreuve et les essais des appareils.*

([1]) Un grand nombre de collaborateurs ont été associés aux travaux de M. Ledieu. Leurs noms, depuis ceux des simples praticiens jusqu'à ceux des ingénieurs et des officiers mécaniciens, comme MM. Bertin et Hubac, ont été scrupuleusement cités dans les divers Tomes, aux endroits voulus.

MANUEL DE L'OUVRIER CHAUFFEUR DE LA FLOTTE, à l'usage des candidats aux grades de quartier-maître mécanicien et de second maître mécanicien pratique. Un volume grand in-8° raisin, avec ATLAS de 7 Planches.

EXTRAIT DU TRAITÉ DES APPAREILS A VAPEUR DE NAVIGATION, à l'usage des capitaines de la marine à vapeur du commerce. Un volume grand in-8° raisin, avec ATLAS de 7 Planches.

1869.

LA ROTATIVE AMÉRICAINE BEHRENS ET LA QUESTION DE LA STABILITÉ DES MACHINES. Brochure in-4°, avec figures dans le texte.

1876 A 1879.

LES NOUVELLES MÉTHODES DE NAVIGATION. Étude critique renfermant tous les nouveaux types de calcul pour la détermination des droites de hauteur et du point complet à la mer, ainsi que pour la réduction des distances lunaires et l'usage perfectionné des chronomètres, avec application élémentaire de la théorie des erreurs d'observation. Un beau volume grand in-8° relié, avec nombreuses vignettes et 3 Planches.

LES NOUVELLES MACHINES MARINES, supplément au *Traité des appareils à vapeur de navigation*, mis en harmonie avec la Théorie mécanique de la chaleur, et précédé d'une INTRODUCTION SUR LA MARINE A VAPEUR DE GUERRE ET DE COMMERCE, comprenant la théorie et la construction du navire. Trois volumes grand in-8° raisin, enrichis de nombreuses gravures intercalées dans le texte, avec ATLAS, contenant 10 belles Planches, où figurent les principaux types actuels d'appareils à vapeur de navigation ordinaires et Compound, leurs organes détaillés, les nouveaux systèmes de chaudières marines, de nombreuses courbes de couple de rotation, de régulation, d'indicateur et autres; et 9 grands Tableaux, donnant tous les éléments des coques et des machines des différentes espèces de navires de guerre actuels français et étrangers, la régulation des tiroirs, les proportions des propulseurs et des générateurs, enfin les essais au large d'un grand nombre de bâtiments à hélice de toutes catégories, munis de machines ordinaires ou Compound.

MANUEL DE L'OUVRIER CHAUFFEUR DE LA FLOTTE, 2ᵉ édition.

GUIDE DU CAPITAINE DES NAVIRES A VAPEUR DU COMMERCE; 2ᵉ édition de l'*Extrait des appareils à vapeur de navigation.*

IV. — INDICATION CHRONOLOGIQUE DES ARTICLES INSÉRÉS DANS LES « COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ».

Second semestre 1855 (t. XLI).

Démonstration des formules que Gauss n'a fait qu'indiquer pour trouver le jour de Pâques dans les Calendriers ancien et nouveau de l'Église. (Page 707.)

Second semestre 1873 (t. LXXVII).

Démonstration directe des principes fondamentaux de la Thermodynamique. Lois du frottement et du choc d'après cette science. (Pages 94, 163, 260, 325, 414, 455 et 517.)

Premier semestre 1874 (t. LXXVIII).

Interprétation mécanique des lois de Dulong et Petit et de Wœstyn, sur les chaleurs spécifiques atomiques. Observations présentées à propos des dernières Communications de MM. N. Lockyer, Dumas et Berthelot, relatives à la nature des éléments des corps. (Page 30.)

Démonstration directe de l'équation $\int \frac{dQ}{T} = 0$ pour tout cycle fermé et réversible. (Pages 221 et 309.)

Observations à propos de la dernière Communication de M. Clausius, sur l'équation $\int \frac{dQ}{T} = 0$. (Page 537.)

Note sur la décomposition du travail des forces. (Page 1182.)

Observations à propos d'une récente Communication de M. Faye, relative à un calcul de Pouillet sur le refroidissement de la masse solaire. (Pages 1255 et 1751.)

Idées générales sur l'interprétation mécanique des propriétés physiques et chimiques des corps. (Pages 1345 et 1393.)

Théorie du choc des corps, en tenant compte des vibrations atomiques. (Pages 1733 et 1783.)

Observations au sujet de la réponse de M. Faye à la critique concernant son complément au Mémoire de Pouillet sur la radiation solaire. (Page 1751.)

Premier semestre 1875 (t. LXXX).

Du cycle fictif correspondant au fonctionnement des machines thermiques à cylindre ouvert, et mise en évidence de ce cycle et du poids de substance motrice formant le corps travailleur. (Page 1040.)

Sur la loi de la détente pratique dans les machines à vapeur. (Page 1199).

Conditions du maximum de rendement calorifique des machines à feu. (Page 1278.)

Second semestre 1875 (t. LXXXI).

Observations relatives à une Communication précédente de M. Hirn. Importance de baser la nouvelle théorie de la chaleur sur l'hypothèse de l'état vibratoire des corps. (Page 130.)

Sur le rendement des injecteurs à vapeur. (Pages 711 et 773.)

Nouvelles observations sur la loi de la détente pratique dans les machines à vapeur. (Page 928.)

Réponse à quelques objections soulevées par les récentes Communications sur le rendement des injecteurs à vapeur. (Page 1028.)

Premier semestre 1876 (t. LXXXII).

Considérations nouvelles sur la régulation des tiroirs. (Pages 132 et 192.)

Observations à propos de la dernière Communication de M. H. Resal « Sur les chemises de vapeur des cylindres des machines ». (Page 599.)

Examen de l'action mécanique possible de la lumière. Étude du radioscope de M. Crookes. (Pages 1241 et 1293.)

De quelques expériences nouvelles faites sur le radiomètre de M. Crookes. (Page 1372.)

Examen des nouvelles méthodes proposées pour la recherche de la position du navire à la mer. (Page 1414.)

Nouvelles considérations expérimentales sur le radioscope de M. Crookes. (Page 1476.)

Second semestre 1876 (t. LXXXIII).

Examen des nouvelles méthodes proposées pour la recherche de la position du navire à la mer. (Pages 23, 120 et 188.)

Objections à une Communication de M. Hirn sur le maximum de la pression répulsive possible des rayons solaires. (Page 119.)

Réponse à M. Hirn. (Page 384.)

Note concernant les nouvelles méthodes proposées pour la recherche de la position du navire à la mer. (Page 726.)

Second semestre 1878 (t. LXXXVII).

Étude sur les machines à vapeur ordinaires et Compound, les chemises de vapeur et la surchauffe, d'après la Thermodynamique expérimentale. (Pages 903, 952, 1024 et 1062.)

Premier semestre 1879 (t. LXXXVIII).

Raisons formelles de la supériorité économique des machines Woolf ou Compound. (Page 1003.)

Application inexacte d'un théorème de Mécanique faite par MM. Bertin et Garbe pour expliquer le mouvement des ailes du radiomètre. (Page 1298.)

Second semestre 1879 (t. LXXXIX).

Remarques sur la dernière Communication de M. Bouquet de la Grye, concernant les ondes atmosphériques. (Page 121.)

Deuxième et dernière remarque sur les Communications de M. Bouquet de la Grye concernant les ondes atmosphériques. (Page 343.)

V. — PART QU'A PRISE M. LEDIEU DANS LA PROPAGATION ET LES PROGRÈS DES SCIENCES NAUTIQUES DEPUIS 1852.

Il est incontestable [1] que l'art naval forme aujourd'hui un vaste ensemble de connaissances très diverses dans leur essence, mais très concordantes dans leur but. Ces connaissances se rattachent toutes, il est vrai, à des sciences *premières*, telles que la Mécanique, l'Astronomie, la Physique et la Chimie, avec leurs annexes la Thermodynamique et la Thermochimie.

Mais, en raison de la spécialisation bien déterminée que subissent ces sciences premières dans leur adaptation à la marine, on ne saurait nier que cette adaptation ne forme un ordre d'études à part, constituant dans sa coordination une *science définie*, digne d'avoir droit de cité au milieu du monde savant.

---

(1) Voir l'ANNEXE à la présente Notice intitulée : *Aperçu sur l'extension considérable des Sciences nautiques depuis* 1852.

Les sciences nautiques ainsi comprises peuvent être revendiquées, dans leur assise et leur développement, comme l'apanage de deux groupes d'hommes : les uns conçoivent et construisent; les autres recueillent les produits du premier groupe, les classent, les publient et en font jaillir de nouvelles idées, appelées à perfectionner les travaux de l'avenir.

Au premier groupe d'hommes qui ont contribué à l'incroyable accumulation des progrès réalisés dans l'art naval depuis 1852, époque où apparut le vaisseau *le Napoléon*, appartiennent divers Membres éminents de l'Académie des Sciences, dont l'un a acquis la réputation la plus universelle et la plus légitime que puisse ambitionner un grand ingénieur; vient ensuite une foule de savants, d'officiers de marine ou du génie maritime, de chefs d'usine, de mécaniciens, de simples ouvriers même, de tous pays, souvent anonymes, mais qui, du reste, n'ont plus chacun apporté qu'une pierre à un édifice dont les bases avaient été magistralement jetées dès la création, toute française, du premier vaisseau à vapeur rapide, puis de la première frégate cuirassée, et lors de l'introduction des machines Compound à bord des navires.

Le second groupe comprend un certain nombre d'auteurs et de professeurs, suscités, chez toutes les grandes nations maritimes, par les améliorations ou l'organisation de leurs écoles navales, du génie maritime, de mécaniciens, de canonniers, de défenses sous-marines, etc.

M. Ledieu appartient à ce second groupe, avec cela de particulier qu'en raison des fonctions multiples relatées dans ses états de service et remplies par lui depuis vingt ans il a été obligé de se tenir au courant de la plupart des branches des Sciences nautiques. Sans avoir écrit sur ces diverses branches, il lui a cependant fallu les approfondir, de façon à pouvoir discuter et établir des programmes concernant leur enseignement, et apprécier, pour les prix de la *Revue maritime*, la valeur des différentes sortes de travaux soumis à son contrôle. En somme, ses Ouvrages de l'espèce ont trait :

1° *Aux appareils à vapeur marins;*

2° *Aux nouvelles méthodes de navigation et à la chronométrie nautique.*

Ouvrages sur les appareils a vapeur marins. — Ces Ouvrages, dont la liste se trouve donnée ci-dessus (III), constituent une véritable encyclopédie de la matière jusque dans les derniers perfectionnements réalisés. Ils se distinguent par une coordination originale des faits et descriptions concernant les appareils en question, et montrent clairement que la connaissance des machines marines forme une étude entièrement spéciale, et qui n'a que des points de contact secondaires avec l'étude, du reste bien plus restreinte, des machines de terre et des locomotives. La coordination dont il

s'agit a conduit l'auteur à créer en quelque sorte, sur plusieurs points, des théories devenues classiques ([1]).

C'est sous l'impression de ce caractère propre des Livres de M. Ledieu, que le Rapporteur du prix extraordinaire d'application de la vapeur à la flotte, qui lui a été décerné en 1877, s'exprime ainsi :

« L'auteur a tenu la marine française au courant des progrès du matériel » naval dans le monde entier ; la série d'Ouvrages importants qu'il a pu- » bliés a certainement eu une influence marquée sur les progrès de la » marine à vapeur, en vulgarisant les connaissances acquises, en les répan- » dant dans le monde des marins, des mécaniciens et des constructeurs. »

Puis, plus loin :

» Le dernier Ouvrage de M. Ledieu (*Les nouvelles machines marines*, dont » le Tome I était seul paru alors) contient un très bon exposé de la Ther- » modynamique. Cette théorie, entrée depuis bientôt vingt ans dans le do- » maine de la Science, n'a cependant guère encore franchi les régions de » l'enseignement supérieur pour se répandre dans les établissements d'in- » struction secondaire et dans les écoles professionnelles. Il n'est donc point » étonnant qu'elle soit en général encore inconnue du personnel technique » dirigeant les ateliers de machines à vapeur. Il était important de combler » cette lacune, et l'exposé de la Thermodynamique, fait d'une manière » simple et pratique dans l'Ouvrage de M. Ledieu, doit avoir une influence » favorable pour la propagation de cette partie de la Science des machines » à feu et y amener de nouveaux progrès. »

Cet espoir a été depuis réalisé, et des Livres, relativement élémentaires, de Mécanique industrielle ([2]) ont reproduit plus ou moins intégralement ledit exposé.

Afin de bien préciser les parties originales des Publications de M. Ledieu sur les appareils à vapeur marins, il est nécessaire de signaler les points suivants :

([1]) Les Ouvrages de M. Ledieu sont répandus dans beaucoup de marines étrangères (Espagne, Italie, Autriche, Russie, etc.). Une partie a été traduite en allemand par Von Mathias Ernst (Trieste, Julius Dose, éditeur). D'autre part, on les trouve cités en France dans les Cours des Écoles navale, Polytechnique (Resal), des Ponts et Chaussées (Jacqmin, Gérardin), des Mines, des Arts et Métiers (Dulos), et dans les Traités généraux et les Revues de machines à vapeur (Debauve, Haton de la Goupillière, etc.).

([2]) *Cours de Mécanique* de Dulos, à l'usage des Écoles d'Arts et Métiers.

Dans le *Traité des appareils à vapeur de navigation.*

1° Théorie complète du tiroir, exposée d'après une méthode synthétique propre à l'auteur, et où il a imaginé une ligne auxiliaire nommée *manivelle fictive*, qui permet de généraliser les règles relatives au calage des excentriques, quelle que soit la position de l'arbre qui les porte par rapport à l'axe de la tige du tiroir.

2° Théorie de tous les systèmes de détentes variables, généralisée pareillement à l'aide d'une manivelle fictive.

3° Théorie complète de toutes les mises en marche, classées en quatre familles.

4° Résumé, avec considérations originales, de tous les travaux faits sur les hélices.

5° Théorie des roues à aubes fixes et articulées.

6° Théorie complète du montage et de la rectification des appareils; ce sujet n'avait été traité jusqu'ici par aucun auteur.

7° Étude développée et avec considérations nouvelles de toutes les courbes proposées pour la régulation des tiroirs.

8° Montage et rectification des tiroirs.

9° Méthode graphique pour étudier la régulation de tous les systèmes de détentes variables; cette question ne se trouvait jusqu'alors donnée dans aucun Ouvrage.

10° Montage et rectification des détentes variables.

11° Tableaux de dimensions renfermant de nombreuses formules propres à l'auteur (voir dans l'Atlas à la suite des Planches). Ces formules sont empiriques, il est vrai, mais suffisamment rigoureuses pour la pratique; elles offrent l'avantage d'expliquer rationnellement les proportions adoptées par les constructeurs pour les pièces des machines, et indiquent la manière dont on doit modifier ces proportions suivant les variations des éléments fondamentaux des appareils.

Dans le Mémoire *Sur les rotatives américaines et la stabilité des machines.*

12° Théorie complète des rotatives américaines; cette théorie n'avait pas encore été donnée.

13° Étude de la stabilité des machines, démontrée de la manière la plus directe en partant du théorème de d'Alembert [1], à l'encontre d'autres auteurs distingués qui ont attaqué la question en s'appuyant sur les propo-

[1] On ne saurait trop faire remarquer combien, en principe, il est plus philosophique, pour résoudre une question dans une science mathématique quelconque, d'aborder tout de suite cette question à l'aide des théorèmes fondamentaux plutôt qu'au moyen des propositions corollaires de ces théorèmes. Ce mode de procéder donne d'ordinaire, comme cela est rationnel, les solutions les plus rapides et les plus élégantes. Ce n'est qu'après un essai infructueux qu'il faut avoir recours auxdites propositions.

sitions dérivées de ce théorème, et en étant dès lors obligés d'avoir recours à une longue et savante analyse pour parvenir aux résultats cherchés. D'ailleurs, la méthode employée par M. Ledieu est la seule qui offre l'important avantage de mettre en quelque sorte sous les yeux de l'ingénieur, pour chaque position des pièces mobiles, les forces dont il faut annuler constamment les effets perturbateurs. Enfin elle s'applique particulièrement aux appareils de navigation.

Dans *Les nouvelles Machines marines.*

14° Exposé sur la Thermodynamique pratique, exposé déjà mentionné plus haut, et dont les points originaux seront mis en évidence ci-après (VI).

15° Étude méthodique des nombreux types de machines Compound, qui ont, depuis quelques années à peine, envahi presque tous les navires à vapeur de guerre et de commerce.

16° Théorie et description des condenseurs à surface, universellement employés aujourd'hui.

17° Démonstrations concernant le jeu des récents engins que la nécessité de perfectionner de plus en plus le matériel naval a fait adapter aux bâtiments à vapeur, tels que les régulateurs marins, les appareils à vapeur pour manœuvrer le gouvernail, les servomoteurs associés à ces appareils et aux régulateurs, les grandes pompes d'exhaustion à vapeur, etc.

18° Étude intégrale de la régulation des tiroirs des nouvelles machines, et de leur couple de rotation, en tenant compte des forces d'inertie.

19° Tableaux de dimensions concernant ces mêmes machines, et analogues aux Tableaux cités (11°) plus haut, à propos du *Traité des appareils à vapeur de navigation.*

20° Instructions pour la conduite, l'entretien et la réparation de tous les types de machines.

Ces instructions, mentionnées avec éloge dans le Rapport sur le prix extraordinaire pour leur partie alors parue, ont été depuis revues et appropriées aux nouveaux appareils. Il importe de faire ressortir que ces instructions, rédigées d'après une foule de documents émanés des plus habiles mécaniciens de la flotte et de nos grands paquebots, ont demandé un soin extrême dans leur coordination; car il a fallu, sous peine de tomber dans une inextricable diffusion, arriver à des règles autant que possible générales, grâce aux classifications méthodiques des machines et de leurs principaux organes, établies dans les Chapitres de description. Par ailleurs, ces mêmes instructions ont été réduites au strict nécessaire dans des Manuels *ad hoc* pour le personnel inférieur des machines. C'est de la sorte que M. Ledieu a la conscience d'avoir puissamment contribué par ses œuvres à

la constitution et à la valeur de ce corps aujourd'hui si nombreux de mécaniciens marins, qui desservent dans l'univers entier les appareils à vapeur de nos navires de guerre et de commerce.

Or c'est là un point d'une extrême importance, si l'on considère, entre autres, qu'il existe aujourd'hui des machines, comme celles à deux hélices du grand cuirassé *l'Amiral-Duperré*, qui développent dans la marche à outrance 8000 chevaux de 75^{kgm}.

Ici il y a simultanément en mouvement rapide jusqu'à soixante-six pièces, la plupart de masse considérable, comme les grands pistons, au nombre de six, qui avec leurs tiges et leur joug pèsent chacun 7000^{kg} et se meuvent avec une vitesse moyenne de $2^{m},5$ à la seconde. En même temps, douze corps de chaudière à haute pression et comprenant trente-six foyers fournissent jusqu'à 88000^{kg} de vapeur par heure.

On conçoit dès lors le rôle capital qui incombe au personnel chargé de la direction d'aussi colossales machines, depuis le chef de quart jusqu'au simple chauffeur. Il faut que, grâce à une solide éducation professionnelle, chacun, dans sa sphère d'action, garde un calme et un sang-froid à toute épreuve dans la demi-obscurité de la chambre des machines ou dans l'enceinte ardente des rues de chauffe, au milieu de ces bruits si complexes et si effrayants quand on ne s'en rend pas compte, qui résultent du mouvement des pièces en jeu, de l'appel de l'air à travers les foyers, du sourd grondement de la vapeur en formation, du fouettement de l'eau par le propulseur, des craquements de la coque et du choc des vagues. Le moindre relâchement dans l'attention aux niveaux d'eau des corps de chaudière allumés et dans la surveillance des grosses pièces en mouvement et le soin de leur lubrifiage, peut amener une irréparable avarie, et compromettre un engin dont le coût atteint parfois deux millions de francs. Une méprise sur la signification d'un bruit anormal qui vient à se faire entendre est aussi de nature à causer d'incalculables désastres. Ainsi, en escadre, un chef de quart trop vite effrayé par une circonstance exceptionnelle peut stopper indûment, et sans signaler à temps sa manœuvre sur le pont. Au contraire, avec trop d'imprudence et de présomption, il s'expose à un accident grave, capable de produire un arrêt brusque et spontané de la machine. Or, dans l'un et l'autre cas, il y a en perspective un abordage terrible.

Grâce à Dieu, nos officiers et maîtres mécaniciens, qui proviennent en général des précieuses Écoles des Arts et Métiers, sont aujourd'hui à la hauteur de leurs si importantes fonctions; et leur savoir technique est assez sûr et assez étendu pour qu'ils se trouvent en mesure, du jour au lendemain, de prendre la mer sur un navire dont ils n'ont jamais vu l'appareil.

Étude critique sur les nouvelles méthodes de navigation et l'usage actuel des chronomètres. — A l'époque (1876) où M. Ledieu a entrepris cet Ouvrage, l'attention des navigateurs était attirée sur des recherches fort intéressantes concernant, d'une part, les cercles et les droites de hauteur pour la détermination du point à la mer, et, d'autre part, l'usage perfectionné des chronomètres.

Il fut appelé par ses fonctions d'examinateur de classement et de sortie de l'École navale à approfondir l'état des choses, et mis à même d'entendre à souhait les arguments présentés par les partisans des nouveaux procédés et par les défenseurs des anciennes méthodes. N'étant l'inventeur d'aucun des systèmes en présence, M. Ledieu a pu, avec une complète indépendance d'esprit, élucider le problème général de la navigation dans une discussion aussi impartiale que possible, et présentée avec des développements qui lui sont propres. Ce travail a été singulièrement facilité à l'auteur par ses études antérieures de l'espèce, fruit d'une importante campagne hydrographique dans les mers du Sud. Il constitue, du reste, un Livre d'enseignement supérieur, qui s'adresse plus particulièrement aux officiers instruits et aux professeurs. Voici la bienveillante appréciation qu'en a faite le savant Président du Bureau des Longitudes dans une Lettre du 23 juin 1879 :

« .... J'ai lu avec d'autant plus d'attention les *Nouvelles méthodes de navigation*, que je prépare moi-même un Traité d'Astronomie nautique, qui » sera le développement d'une partie du Cours que je professe à l'École » Polytechnique.

» L'Ouvrage sort de la ligne ordinaire des Livres de ce genre par la facture large et impartiale, l'abondance des renseignements et l'originalité » de la plupart des discussions [1].... »

---

[1] Le document qui vient d'être cité forme une heureuse antithèse avec l'admonestation *ex cathedrâ* que M. Pagel, dans une Notice sur ses propres travaux, s'est cru en droit d'adresser à l'auteur des *Nouvelles méthodes de navigation*. Il est vrai que, dans la même Notice, M. Pagel a jugé à propos de traiter avec une semblable désinvolture l'immortel Newton, en déclarant « remplacer la formule d'interpolation du grand géomètre, qui n'est pas théorique, par une autre plus » simple et théorique ».

Voici, dans une forme académique, une réponse topique aux incriminations de l'ingénieux, mais trop irascible inventeur :

1° Les diverses méthodes pour l'emploi des droites de hauteur, citées par M. Ledieu, sont données chacune sous le nom de leur promoteur, et aucune ne lui appartient.

2° Le procédé *Lalande-Pagel* est, sous une forme analytique, une méthode de l'espèce.

3° Toutes ces méthodes sans exception sont empiriques ; car elles consistent à substituer à des portions de courbes de hauteur des portions de droites ou plus rigoureusement de loxodromies, menées tangentiellement auxdites courbes par des points voulus appelés *points déterminatifs*.

4° Les résultats qu'elles fournissent présentent plus ou moins de divergence entre eux, à cause

VI. — TRAVAUX ORIGINAUX SUR LA THERMODYNAMIQUE ET LA THÉORIE VIBRATOIRE DE LA MATIÈRE.

Lorsque M. Ledieu fut conduit, sous l'impulsion des progrès de chaque jour, à préparer une suite au *Traité des appareils à vapeur de navigation*, il reconnut la nécessité de mettre son nouvel Ouvrage en harmonie avec les doctrines récentes sur la chaleur, doctrines envers lesquelles le monde industriel témoignait une aversion prononcée, et dont la connaissance offrait cependant un intérêt capital pour l'étude complète des machines à feu et particulièrement des machines à vapeur avec leur transformation en Compounds.

Cette sorte de proscription ne pouvait s'expliquer que par la voie bizarre et en quelque façon sinueuse que la Thermodynamique a suivie dans son développement, et qui comporte une succession très irrégulière de découvertes d'ordres entièrement différents, dont le lien ne s'est établi que lentement et à l'aide de formules échappant aux Mathématiques élémentaires. La forme métaphysique et en quelque sorte idéale sous laquelle on avait présenté cette science jusqu'alors, ses formules difficiles à saisir, malgré leur apparente simplicité, et qui en outre n'ont pas un sens pratique immédiat, tout concourait à éloigner les constructeurs et les mécaniciens de son étude.

---

du changement des points déterminatifs avec chaque procédé. En particulier, les azimuts qu'on calcule, étant afférents à ces points, doivent forcément varier, pour les mêmes données du problème, avec le genre de solution employé, et leur écart peut atteindre 6° à 7°.

5° Do leur côté, la latitude et la longitude sont sujettes à des différences de 2′ à 3′, quand les deux procédés comparés donnent l'un un résultat au delà du véritable, l'autre un résultat en deçà. C'est précisément dans le choix do la méthode empirique qui, selon les circonstances des observations, donnera le point du navire concordant le mieux avec la solution rigoureuse trigonométrique, que doit s'exercer aujourd'hui la sagacité du navigateur. Quant aux motifs qui ont amené un abandon général de l'emploi de la solution rigoureuse, ils sont développés amplement dans le Livre qui nous occupe. Il suffit ici de rappeler l'immense avantage de pouvoir se procurer, dès une première observation, une droite de hauteur d'où, avec un peu de tact, on déduit, sinon un relèvement rigoureux du navire, du moins une zone très étroite dans laquelle il se trouve certainement.

Heureusement quo la connaissance de tous ces détails est devenue aujourd'hui banale dans le monde marin, témoin un grand meeting tenu récemment à Liverpool pour préconiser l'emploi des droites do hauteur.

6° Quant au mode de contrôle exclusivement numérique préconisé par M. Pagel pour apprécier la validité d'une méthode, il n'y a pas un homme de science qui l'acceptera ; car il est manifeste que ce critérium ne prouve absolument rien en dehors de chaque exemple considéré, et qu'il faudrait, pour en tirer une conclusion sérieuse, opérer des vérifications numériques sur des centaines de cas aussi disparates que possible.

Il parut nécessaire à M. Ledieu de reprendre la question sous un jour complètement différent, en introduisant des considérations d'ordre explicitement mécanique et, par suite, de nature à frapper l'esprit géométrique des hommes d'atelier. A cet effet, il partit de la supposition, déjà mise en avant à cette époque par quelques auteurs, d'un certain mouvement vibratoire des particules de la matière, d'où naîtraient en nous les sensations de chaud ou de froid.

Cette manière de procéder n'a pas été sans rencontrer des adversaires décidés. Ceux-ci sont allés jusqu'à proscrire d'une manière absolue l'étude de la Thermodynamique, partant d'une hypothèse quelconque sur la nature de la chaleur.

Cependant, la conception de l'état vibratoire des atomes des corps conduit avec une si parfaite logique à l'explication de nombreux résultats d'expérience, qu'il semble impossible que la Théorie de la chaleur, basée sur cette conception, ne soit pas appelée à un grand avenir, et, en particulier, ne devienne point le véritable lien de la Chimie à l'Analyse mathématique. D'ailleurs, la supposition dont il s'agit est non seulement rationnelle, mais encore elle est la conséquence forcée de tout ce qui constitue la Science moderne dans ses principales branches : Mécanique rationnelle, Physique, Chimie, etc. Et en effet, on admet aujourd'hui que tous les phénomènes de la nature, en dehors des faits biologiques, ne relèvent, en définitive, que de deux éléments, la *matière* et la *force*. Ces deux éléments sont soumis à deux grandes lois fondamentales : l'une est l'indestructibilité de la matière, d'où il résulte que les corps ne sauraient jamais s'anéantir et peuvent seulement se transformer en d'autres substances. La seconde loi consiste dans le principe des forces vives; elle est en Dynamique ce que la première loi est en Chimie : elle établit que la force vive et le travail mécanique sont incapables de disparaître pour toujours, et que ces quantités peuvent seulement se transformer en d'autres quantités de leur espèce. D'une inépuisable fécondité, elle donne le secret des phénomènes dynamiques les plus complexes, résultant de la transformation mutuelle de forces vives et de travaux de différentes sortes au sein des systèmes matériels vibrants. Cela posé, à moins de se refuser à tout raisonnement, comment expliquer le principe de l'équivalence mécanique de la chaleur autrement que par l'hypothèse de l'état vibratoire des atomes des corps? Comment concevoir que la production d'un travail mécanique, à la suite d'une déperdition de calorique, soit autre chose que la transformation de forces vives inhérentes à des mouvements insensibles à notre vue ou d'un travail interne dû à un changement de disposition intérieure? Rejeter une semblable hypothèse, c'est nier toutes les bases de la

Science moderne, et particulièrement les principes fondamentaux de la Mécanique rationnelle. Mais ce n'est pas tout que de nier, sous prétexte qu'à un même phénomène il y a moyen d'attribuer une infinité d'origines, il faut réédifier, et alors coordonner, à l'aide de nouveaux points de départ, tous les faits connus et expérimentés. Nous laisserons ce soin à ceux qui prétendent systématiquement condamner la chaleur à demeurer un agent inconnu et mystérieux, dont il n'est pas pertinent de sonder la nature, même dans les limites d'une sage et intelligente métaphysique.

Cette manière de voir a été exposée en détail dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*; et M. Ledieu en a déduit une théorie vibratoire de la matière, qu'il a appliquée aux machines à feu en général, et spécialement aux machines ordinaires et Compound. Il a tenu, du reste, à ce que cette application reposât d'une manière exclusive sur les Mathématiques élémentaires et fût ainsi abordable à tous les praticiens.

Avant d'entreprendre son nouveau travail, l'auteur a dû se placer à un point de vue élevé et approfondir la question, au moins dans ses principes fondamentaux, à l'aide des Mathématiques supérieures. Il en a fait l'objet de toute une série de Communications à l'Institut, qui se trouvent relatées ci-dessus (IV). Parmi ces Communications, il y a lieu de citer celle qui a trait à la démonstration mécanique de l'équation bien connue $\int \frac{dQ}{T} = 0$. M. Ledieu est parvenu au résultat cherché en supposant les atomes sans dimensions, ce qui revient, au fond, à supposer, selon une opinion adoptée aujourd'hui par beaucoup de bons esprits, que les éléments ultimes de la matière consistent en de simples centres de force ne pouvant occuper simultanément le même point de l'espace. La démonstration mécanique qui nous occupe a cela de remarquable qu'elle renferme implicitement la raison du pourquoi la chaleur, sous forme de variation de température (c'est-à-dire la force vive vibratoire atomique), passe toujours des corps chauds dans les corps froids, raison que peu de personnes songent à se demander.

Il faut encore signaler, parmi les travaux de Thermodynamique de M. Ledieu, la distinction que, sous le rapport des cycles décrits, il a été conduit à faire de toutes les machines à feu en machines à *cylindre fermé* ou à *cylindre ouvert*, les premières de ces machines décrivant des cycles *réels* et les secondes des cycles *fictifs*. La mise en évidence de ces deux sortes de cycles, dont aucun auteur ne s'était occupé jusqu'ici, demande beaucoup de soin et de sagacité. Elle est d'une grande importance pour la Science industrielle. Il n'est pas douteux que l'omission de cette question dans les Ouvrages antérieurs de l'espèce n'ait beaucoup contribué à écarter de la Thermodyna-

mique les praticiens, qui ont seulement aperçu dans ces Ouvrages des cycles abstraits, ne présentant à leur esprit qu'une connexité lointaine avec la réalité des choses.

Vient enfin une étude complète de l'influence thermique des parois des cylindres sur le jeu de la vapeur, dans les machines ordinaires et Compound, et qui met en évidence le véritable rôle des chemises de vapeur et de la surchauffe. Cette étude, déjà effleurée par beaucoup de savants et d'expérimentateurs consommés, a été reprise *in extenso* par M. Ledieu sous une forme originale et didactique, grâce à laquelle le nouvel ordre d'idées pourra être accueilli et appliqué avec fruit par les constructeurs, malgré les difficultés du sujet.

VII. — CONCLUSIONS.

En résumé, M. Ledieu a terminé l'œuvre qu'il avait entreprise depuis vingt-cinq ans sur les *machines à vapeur marines*.

Pendant le cours de cette longue publication, les circonstances l'ont conduit à rédiger un Traité sur les *nouvelles méthodes de navigation* et les *chronomètres*. Il a pu ainsi mettre en relief l'étendue de ses recherches relativement aux sciences nautiques. Par ailleurs, ses nombreuses Communications à l'Académie des Sciences sur la Thermodynamique ont fait ressortir le point de vue original auquel il s'était placé pour adapter cette récente doctrine à l'enseignement professionnel.

Dans *son immense travail* [1], afférent à des branches scientifiques si distinctes, et qui renferme, entre autres, d'innombrables figures et données numériques, M. Ledieu a été puissamment aidé, soutenu et encouragé.

L'aide, il l'a trouvée chez des centaines de collaborateurs, depuis les simples mécaniciens, dont le rôle s'est borné à dessiner des organes primitifs ou à effectuer des calculs rudimentaires, et les intelligents typographes, qui ont su se plier aux exigences de compositions exceptionnelles, jusqu'aux ingénieurs et aux directeurs d'usines les plus distingués, qui l'ont comblé de documents et de plans, aux graveurs en renom dont l'habile burin a tracé de magnifiques planches où les détails fourmillent tout en conservant leur netteté, et enfin jusqu'aux savants illustres dont les précieux conseils sont venus faciliter les études d'ordre supérieur.

[1] Termes employés dans le Rapport sur le prix extraordinaire, même alors qu'il n'y avait encore de paru que quatre tomes sur sept de l'Œuvre complète, et une partie seulement du second Atlas.

Le soutien, M. Ledieu n'a cessé un seul instant de le trouver dans ce grand corps de la marine, qui forme une véritable famille. Tous les officiers généraux de la flotte l'ont honoré de leurs chaleureuses sympathies ; pas un Ministre n'a passé aux affaires sans lui accorder un témoignage de satisfaction.

L'encouragement, il lui a été généreusement octroyé par notre célèbre Académie des Sciences, qui, avec sa libéralité habituelle, lui a concédé, à quelques années à peine d'intervalle, le titre si envié de Correspondant et le prix extraordinaire d'application de la vapeur aux vaisseaux.

Tant de bienveillance crée à M. Ledieu l'obligation de ne pas abandonner l'arène scientifique, où il a lutté sans défaillance depuis tant d'années, et qui ne laisse pas que d'avoir ses périls, périls moins brillants que sur beaucoup d'autres champs de bataille, mais d'autant plus redoutables qu'ils sont plus cachés et plus sûrs.

Bien des recherches dans les sciences nautiques sollicitent de nouveaux efforts. La question des compas a repris dans ces derniers temps une importance capitale : la surcharge de fer imposée aux navires de guerre des derniers types rend les boussoles absolument inertes ; et nous voici, sous ce rapport, revenus à l'an 250 de notre ère.

De leur côté, les torpilles dormantes et mobiles, les phares électriques des navires de combat, demandent d'intéressantes investigations à divers points de vue.

Enfin, l'Hydrographie réclame impérieusement un Traité complet, en harmonie avec les procédés employés dans ces derniers temps par d'habiles navigateurs, et basé sur les perfectionnements apportés aux instruments modernes et plus encore sur le concours des navires et des canots à vapeur.

Pour ces travaux en perspective, M. Ledieu a le droit de compter sur un concours non moins efficace que par le passé de la part de cette phalange d'hommes instruits, officiers de marine, ingénieurs, professeurs de navigation, officiers mécaniciens, qui se tiennent au courant des perfectionnements de l'art naval. Il aura d'ailleurs, pour soutenir sa persévérance, la règle de toute sa vie :

Aimer Dieu, son Pays et la Science.

1694 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.